DIE BEDEUTUNG DER AUSRAUMMESSUNG FÜR DIE GEOCHRONOLOGIE.

Versuche im Rheinischen Schiefergebirge.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT
DER JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT
ZU FRANKFURT AM MAIN

vorgelegt von
ELLEN SCHNELL
aus Duisburg

1934

Druck von S. Wartenberg, Ffm., Hammelsgasse 12

Referent: Professor Dr. Walter Behrmann.

Tag der mündlichen Prüfung: 31. Juli 1933.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Die Anregung zu vorliegender Arbeit gab mir mein hochverehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. W. Behrmann. Für das ständige Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte, und für die Mühe und Zeit, die er zu ihrer Durchsicht verwandte, möchte ich ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen. Außerdem bin ich Herrn Prof. Seddig und seinem Assistenten, Herrn Dr. Busch zu großem Dank verpflichtet für die Herstellung der maßstabsgetreuen photographischen Vergrößerung aus dem Meßtischblatt Caub, die mir als Grundlage zum Relief des Engetals diente.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung 1
II. Ausraummessungen im Rheinischen Schiefergebirge 4
a) Voraussetzung 4
b) Trennung und Abgrenzung der Ausräume . 9
c) Messungsmethoden 10
1. Volumberechnung am Relief . . . 10
2. Profilmethode 13
3. Profil + Volummethode 14
(Anwendung der Simpson'schen Regel)
4. Vergleich der drei Methoden . . . 17
5. Anwendung der Messungsmethoden . 17
α) Im Hunsrückschiefer . . . 18
β) In den Koblenzschichten . . . 20
γ) Im Quarzit 21
III. Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse 23

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547409_0027

I. Einleitung.

Sind in einem Talsystem die Terrassen auf Grund morphologischer Untersuchungen in ihre Entstehungsperioden eingeordnet, so bleibt dabei immer noch die Frage nach seinem absoluten Alter offen. Man weiß wohl, wieweit die Talbildung in der Erdgeschichte zurückgreift, kann aber nicht zahlenmäßig angeben, ob z. B. das Pliozän längere bzw. kürzere Zeit zur Bildung der Hohlform des Tales gebraucht hat als das Diluvium. Demnach ist auch noch kein zeitlicher Vergleich möglich für die Phasen, die den Ausraum gebildet haben. Es fällt nicht leicht, für diese Fragen eine umfassende Antwort zu finden, und sogar die Literatur läßt uns hier im Stich. Versuche, die sich damit befassen, an Ausräumen von Tälern zeitvergleichende Messungen auszuführen, sind mir bisher nur aus einer einzigen Arbeit bekannt. Es handelt sich um die Arbeit von Schwinner über „Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganergebietes (Südosttirol)“[1]). In einem kurzen Kapitel wird „Der Versuch einer ziffernmäßigen Schätzung der Erosion“ unternommen. Da es sich dabei, wie gesagt, nur um eine Schätzung handelt, leistet die Arbeit auf exakte Messung Verzicht. Der Verfasser geht dabei so vor, daß er die Berge als Pyramiden betrachtet, die mit der Basis zusammenstoßen, wobei die Täler nur als Trennungslinien gedacht sind. Eine mittlere Höhe wird für die Pyramiden berechnet. Auf diese Weise erhält man für die Berechnung ganz regelmäßige Hohlformen. Der Rauminhalt wird mittels der Pyramiden-Volumformel $\frac{1}{3} \cdot$ Höhe $\cdot$ Fläche berechnet. Ferner sind in dem Gebiet vier Erosionszyklen an Hand von Terrassen zu unterscheiden: 1. Miozän (M), 2. Pontisch-Pliozän (P), 3. Altquartär (Q), 4. Würm (W). Der gesamte Hohlraum wird alsdann in vier Teile zerlegt, die den vier Phasen entsprechen. Die Höhe ist dabei durch die Terrassenhöhe bestimmt. Ferner wird noch die Erosionsgeschwindigkeit berücksichtigt, die proportional ist der durchschnittlichen

[1]) Berlin 1923.

Gipfelhöhe während einer Periode. Um an diese Messungen geochronologische Berechnungen anzuschließen, beruft sich der Verfasser auf die Angaben von Strutt, welche dieser durch die radioaktive Methode ermittelt hat. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

Zyklus	Relative Gipfelhöhe		Abtrag über die Fläche		Zeitdauer (Millionen Jahre)	
	am Ende des Zyklus	durchschnittlich während des Zyklus	im Zyklus m	pro Jahr mm	des Zyklus	verflossen seit Beginn des Zyklus
M: Miozän	500	300	400	0,077 [0,026 0,130]	5,2	8,4
P: Pontisch-Pliozän	1000	750	300	0,188	1,6	3,2
Q: Altquartär	1200	1150	100	0,278	(0,36)1,08	1,6
W: Jungquartär	1650	1500	200	0,384	0,52	0,52

Da bei den beschriebenen Messungen nur eine Schätzung beabsichtigt war, darf ich an dieser Stelle keine Kritik für eine absolute Zeitmessung ansetzen. Als eine absolute Zeitberechnung kann ich Schwinners Methode schon aus dem Grunde nicht bezeichnen, weil zur ursprünglichen Messung der Hohlform die Angaben über das Alter der einzelnen Perioden aus den Ergebnissen der radioaktiven Methode entnommen worden sind. Aber auch als exakte Ausraummessung kann ich diese Berechnung nicht gelten lassen, da mit der Aufteilung des Gebietes reichlich großzügig verfahren wird, und sozusagen künstliche Ausräume geschaffen sind.

Bisher hat man, um exakte geologische Zeitbestimmungen zu erhalten, sehr vielseitig gearbeitet. Man unterscheidet dabei im allgemeinen, den einzelnen Wissenschaften entsprechend, drei Methoden[2]): die astronomische Methode beruht auf Berechnungen, welche die Großperioden der astronomischen Rhytmen liefern: 1. Die Präcession von Tag- und Nachtgleiche, 2. Die Schiefe der Ekliptik, 3. Die Excentricität der Erdbahn. — Eine andere Methode wurde durch die Geophysik begründet, die man kurz als „Geophysikalische“ oder noch besser als „radioaktive Methode“ bezeichnen kann, da sie aus dem

[2]) Edgar Dacqué, Grundlagen und Methoden der Paläographie, Jena 1915.
Serge von Bubnoff, Grundprobleme der Geologie, Berlin 1931.

Zerfall radioaktiver Stoffe das Alter der verschiedenen Gesteine und damit das Alter der Erdperioden bestimmen will. Ich zitiere Lawson: „In der Radioaktivität haben wir es also mit dem Zerfall bestimmter unstabiler Elemente (Radioelemente) zu tun, und die Geschwindigkeit des Zerfalls ist gleichsam eine Uhr, mit welcher wir geologische Zeiten messen können.“ [3]) — In die dritte Methode beziehe ich alle diejenigen Methoden ein, die durch Messungen an Sedimenten zu den Ergebnissen gelangt sind. Die genauesten Ergebnisse liegen wohl hier in den geochronologischen Messungen von De Geer[4]) vor, welche von ihm selbst in Schweden an den Bändertonen gemacht worden sind. Die parallelen Untersuchungen wurden in Finnland von Sauramo und von Antevs in Amerika gemacht. Sauramo stellte in Rußland ebenfalls Grundlagen für derartige Berechnungen fest.[5]) — Von allen Versuchen, die geologische Zeittabelle durch absolute Zahlenangaben zu vervollständigen, wird diese von De Geer begründete Methode als die beste gewertet, um sichere Ergebnisse zu erzielen. Von anderer Seite läßt man sie zwar nicht so absolut gelten: Dacqué bezieht bei folgendem Ausspruch auch De Geers Berechnungen in sein Urteil ein: „Freilich tappen wir mit den erlangten Zahlen noch recht im Dunkeln, und wir werden gut tun, uns vorerst noch nicht allzusehr auf sie zu verlassen.“ Im Uebrigen wurde versucht, das Alter einzelner geologischer Zeitabschnitte zu bestimmen: durch Zuwachs von Deltas, durch Schlammabsätze in Seen, durch Rückschreiten von Wasserfällen und nach der Mächtigkeit der Formationen.[6])

---

[3]) Robert W. Lawson, Ueber absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen, Z. Die Naturwissenschaft, Berlin 1917, S. 430.

[4]) vgl. Anm. 2: Dacqué beschreibt die De Geer'sche Methode und gibt ebenfalls Literatur an.

[5]) Geochronologische Untersuchungen in Rußland, Geol. Fören. Forhandl. 47, 1925, S. 521—522.

[6]) vgl. Dacqué a. a. O.
A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901—1909.
S. v. Bubnoff, Grundprobleme der Geologie. Berlin 1931, Kap. 3.
A. Heim, Ueber die Erosion im Gebiete der Reuß. Jahrb. schweiz. Alpenklub 1878/79, S. 974.
Steck, Denudation im Kandergebiet. Jahrb. geogr. Gesellschaft-Bern 1891/92.

II. Ausraummessung im Rheinischen Schiefergebirge.

A. Voraussetzung.

Es sind bisher noch keine exakten Messungen an Ausräumen gemacht worden, um aus ihnen allein zeitvergleichende Angaben zu erhalten. Daß die Möglichkeit für derartige Berechnungen vorhanden ist, beweisen die Versuche, die ich in diesem Sinne unternommen habe. Bevor allerdings solche Messungen zur Ausführung gelangen können, sind einige unerläßliche Voraussetzungen notwendig, auf welche ich jetzt genauer eingehen muß. Dabei ist die Frage aufzuwerfen, welche Landschaft dazu geeignet ist, als Grundlage für die Messungen zu dienen. Schon aus der Fragestellung ist zu ersehen, daß kein beliebiges Gebiet für die Messungen verwandt werden kann, nur ein Gebiet, welches gewisse Bedingungen erfüllt: Die Formen der Landschaft müssen gut ausgeprägt sein. Außerdem ist eine gründliche morphologische Untersuchung und ausreichendes Kartenmaterial notwendig.

Zur Bearbeitung habe ich mir aus dem Rheinischen Schiefergebirge die Landschaft des Hunsrücks gewählt, im einzelnen die auf der Strecke Bingen—Koblenz dem Rhein tributären Täler mit ihren ausgesprochenen Erosionsformen. Das Gebiet entspricht allen Bedingungen, welche ich für die Messungen als notwendig annehmen muß. Auf die allgemeinen morphologischen Fragen will ich hierbei nicht eingehen, da ich sie als Tatsache und Grundlage für das folgende betrachten will.[7]) Von Interesse ist

---

[7]) Literaturnachweis:

C. Mordziol, Ein Beweis für die Antezedenz des Rheindurchbruchstales nebst Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte des Rheinischen Schiefergebirges. Zeitschrift der Ges. f. Erdk. Berlin 1910. (ebenda ausreichende Angaben der bis dahin erschienenen Literatur.)

K. Oestreich, Die Entwicklung unserer Kenntnis von der Formenwelt des Rhein. Schiefergebirges. Zeitschr. f. Geomorphologie, Bd. 2, Leipzig 1926/27.

R. Stickel, Zur Morphologie der Hochflächen des linksrheinischen Schiefergeb. und angrenzender Gebiete. Beiträge zur Landeskunde der Rheinlande. 5. Heft, Leipzig 1927.

C. Mordziol, Flußterrassen und Löß am Mittelrhein. Festschrift zum 75-jährigen Jahrestage des Naturwissensch. Vereins in Koblenz 1926.

W. Hartnack, Morphogenese des nordostrheinischen Schiefergebirges. (Ein Beitrag zur Morphologie des deutschen Mittelgebirges). Greifswald 1932.

selbstverständlich, wie die Erosionsformen in die geologische Zeittabelle eingeordnet werden. Tertiäre und diluviale Formen sind es, welche die Landschaft zusammensetzen. An morphologischen Großformen treten in der Hauptsache die Reste alter Talböden in Erscheinung. In Höhen über 420 m erstrecken sich die Reste der ältesten Verebnungen, der Rumpffläche der Alttertiärzeit. Nach Osten, zum Rhein hin, lehnt sich die miozäne Trogfläche in 380—400 m an die Rumpffläche an, weiterhin in 280—300 m die Pliozänterrasse. Den Rhein direkt rahmen die Terrassen der Diluvialzeit ein, wenn man Mittel- und Niederterrasse nur als Unterstufen betrachtet. Dieses Gebiet wird durch eine Reihe von Bächen mit ausgesprochenen Erosionstälern in der Richtung zum Rhein hin entwässert. Wegen ihrer ausgeprägten Formen erfüllen diese Täler die zweite Grundlage für die Messungsbedingungen. Die letzte Vorbedingung für ein geeignetes Untersuchungsgebiet beruht auf dem Kartenmaterial. Als Unterlagen dienen hierzu die Meßtischblätter: Rüdesheim, Preßberg, Kaub, St. Goarshausen, Kestert, Boppard und Koblenz. Die Genauigkeit der Karten[8]) ist im vorliegenden Gebiet recht groß. Da ich mich bei meinen Berechnungen auf die Karten stützen muß, habe ich sie außerdem einer eingehenden Prüfung unterzogen. Auf zahlreichen Begehungen des Arbeitsgebietes habe ich die Karten mit der Landschaft verglichen und konnte den Schluß ziehen, daß die Genauigkeit der Karten groß genug ist, so daß sie als Grundlagen für meine Messungen dienen können. Andere Bedingungen setze ich nicht voraus, und spezielle Bedingungen werden in den verschiedenen Methoden hervorgehoben. — Für meine Versuche habe ich mir aus dem ganzen Gebiet das Enge-Tal herausgewählt. An diesem Tal werde ich meine Messungsmethoden klarlegen. Ich habe es genauen morphologischen Untersuchungen unterzogen, die ich den Berechnungen als kurze Beschreibung voranschicke.

Das Enge-Tal[9]) ist eines von den zahlreichen Nebentälchen des Rheins, zwischen Bingen und Koblenz. Der Engebach und der ihm benachbarte noch kleinere Elligbach sind hier die einzigen, die, ohne einen Schuttkegel anzuhäufen, in den Rhein münden. Die Mündungen der beiden Bäche sind etwa 700 m voneinander entfernt. Mit den kleinen Hängetälchen bilden sie die einzigen Täler zwischen Münzbach (im Süden) und Oberbach (im Norden), also zwischen Bacharach und Oberwesel an der Rheinstrecke. Das Engetal hat eine Länge von ungefähr

[8]) vgl. Max Eckert, Die Kartenwissenschaft. 1. Band, S. 233 ff. und S. 263 ff. Berlin und Leipzig 1921.

[9]) vgl. Karte.

4 km. Sein Ursprung liegt in einer ziemlich ausgedehnten Quellmulde, ca. 380 m unterhalb der Hochfläche von Perscheid, und zieht sich zwischen Dellhofen und Langscheid, zwei Dörfern, angelegt auf der Pliozänterrasse, zum Rheintal hin, mit einer scharfen Umbiegung nach Norden, kurz vor der Mündung. Das Tal konnte sich infolge vorwiegender Tiefenerosion herausbilden.

Verfolgen wir den Weg auf der rechten Talseite vom Rhein aus zur Quelle.[10]) Vom Eingang des Tales ist sein Verlauf nicht zu übersehen, da ein Terrassensporn dem Tal quer vorgelagert ist. Durch das plötzliche Umbiegen nach Norden in 375 m Entfernung vor seiner Mündung in den Rhein, hat sich der Kamm zwischen Enge-Tal und Rhein herausgebildet. Der Eingang des Tales ist besonders gut von der gegenüberliegenden Rheinseite zu überblicken. Auf der linken Talseite beginnt in 200 m die erste Stufe der Hauptterrasse (Lo. 1). Kommt man von Oberwesel auf der Landstraße nach Dellhofen, so ist diese Verflachung deutlich zu bemerken. Von der Loreleystufe führt oberhalb des Pavillons ein ausgesprochenes Steiltal (A) ohne Unterbrechung hinab, um dem erwähnten Kamm gegenüber von der anderen Seite zu enden. Ein Knick oder eine Verflachung ist nicht zu erkennen, die eine tiefere Terrasse kenntlich macht. Die Talkante[11]) wird erst oberhalb dieser Mulde deutlich. Die Lorleystufe ist ca. 100 m breit. Von hier steigt die Landstraße gleichmäßig an. Es ist keine auffällige Verflachung zu bemerken. Wir befinden uns in einer Ebene, die langsam bis zum Eingang des Ortes Dellhofen ansteigt. Ackerterrassen stufen die Fläche ab, und haben die natürliche Stufung undeutlich gemacht. Eine Lößdecke überzieht das ganze Gebiet und gleicht die Formen aus. Durch Vergleich mit der andern Talseite, deren Talformen gut ausgebildet sind und von hier gut zu überblicken sind, ist die Kante der Patersberger Terrasse in 240 m (Pa 1) deutlich erkennbar. Auf der nächsthöheren, der Pliozänterrasse, liegt der Ort Dellhofen. Die Kante der Verebnung ist nicht überall gut erkenntlich, sehr schlecht z. B., wenn man von der Landstraße von Oberwesel in den Ort hineinkommt. Biegt man dagegen links von der Straße ab, so kommt man außerhalb des Dorfes auf einen Feldweg; dieser führt auf dem Sporn der Pliozänterrasse zu den Aeckern und Weinbergen. Die 300-m-Isohypse buchtet sich hier nämlich als Rand der Pliozänterrasse (Pl. 1) spornartig aus. An der S-Seite bildet diese Linie eine deutliche Talkante des kleinen

[10]) vgl. beiliegende Karte.

[11]) Der Ausdruck „Talkante“ wurde bei den verschiedenen Formengruppen gleichmäßig verwandt. Auf der Karte habe ich nur diejenige verzeichnet, welche die Gefällsteile der Pliozänterrasse von derjenigen der Patersberger Terrasse trennt.

Nebentälchens zum Engebach. Hier kommt auch die Verflachung der Terrasse gut zum Ausdruck. Der Nebenbach ist hier sofort in die Pliozänterrasse eingetieft, und die Talkante [12]) liegt dementsprechend hoch. In dem Tal der Hauptterrasse verläuft sie tiefer. Die obere Rebengrenze bezeichnet die Talkante, die in 270—250 m (entsprechend der Terrassenhöhe) verläuft. Der Hang dieser Talseite hat eine gleichmäßige Steilheit aufzuweisen. Etwas unterhalb der Einmündung des kleinen Tälchens ist eine deutliche Verebnung mit einer Längenausdehnung von 200 m als Rest der Loreleystufe (Lo. 2) zu verzeichnen. Das Nebentälchen (B) ist aus einer Quellmulde entstanden, die immer weiter nach rückwärts erodiert. Der Hang zwischen dem Enge-Bach und dem Quelltälchen steigt vom Bache langsam an bis 240 m. In dieser Höhe erscheint ein Rest der Patersberger Stufe als deutliche Verebnung (Pa. 2), die langsam ansteigend ohne deutliche Grenze in die nächsthöhere Fläche übergeht. Die Talkante hält sich bis zur Einbuchtung des nächsten Quellbachs in der Höhe von 300 m. Verfolgen wir den weiteren Aufstieg von Dellhofen durch die Ackerfluren bis zum Waldrand, so steigt sie sanft und gleichmäßig an, und es hält schwer, dort eine Grenze für die miozänen Reste der Trogfläche zu erkennen und anzugeben. Auch zum Tälchen (C) haben wir eine sanfte Neigung des Hangs. Das Quelltal grenzt an allen Seiten mit scharfer Kante gegen die Ackerflächen ab. Die Talkante des Enge-Tals in 300 m biegt hier fast rechtwinklig aus und erreicht die Höhen von 320 m, 330 m, sogar von 340 m auf der andern Seite. In 320 m ist bei der Umbiegung der Talkante des Enge-Tals wiederum eine Verflachung zu bemerken, welche einen pliozänen Talrest (Pl. 2) darstellt. Eine Verflachung (Pl. 3), der ich ebenfalls pliozänes Alter gebe, ist in 330 m gegenüber der Schiefergrube vorhanden. Die Hangverschneidung zwischen dem Quertälchen und dem oberen Teil des Enge-Tals bildet von der Talkante aus einen sanften Anstieg bis 380 m. Hier ist zum ersten Male in dieser Höhe eine Verflachung sichtbar, oberhalb der Straße, welche Wald- und Ackerfluren trennt. Hier setze ich die Grenze der Trogfläche (Mi. 1) an. Die Quellmulde des Engebachs ist sehr weit ausgedehnt, sie nagt sich rückwärts in die Trogfläche ein. Eine deutliche Kante konnte ich oberhalb der Schiefergrube verzeichnen, unterhalb der Landstraße, die von Perscheid nach Langscheid führt. Die Talsohle ist anfangs zu beiden Seiten geneigt, die Hänge kommen, sich langsam verflachend, in der Bachrinne zusammen. Der Hang

[12]) Von hier ab bildet die Talkante die Grenze zwischen pliozänem und diluvialem Ausraum. Die Gefällssteile der Pliozänterrasse geht hier in die der Patersberger Stufe der Hauptterrasse über.

auf der rechten Seite ist mit Wald bestanden, der linksseitige, flachere, trägt Wiese und Buschwerk. Dort, wo rechts und links die kleinen Seitentälchen münden, wird die Talsohle ganz flach und nimmt etwa die Breite von 3 m ein. Der Bach windet sich dort hin und her, ohne erodierend zu wirken. Bei der Zahl 181 in der beigegebenen Karte beginnt er zu erodieren. Das Bachbett wird größer, und die Talform erhält hier ihr spitz-V-förmiges Profil, das bis zum Austritt in das Rheintal beibehalten wird.

Beginnen wir nun an der rechten Seite des Tälchens die Wanderung vom Rhein aufwärts. Die Engebach-Straße steigt erst ein Stück an, um dann in Windungen über die Terrassen zu führen; in 210 m macht die Landstraße eine scharfe Biegung. Von hier aus blickt man auf die in 160—170 m liegende Verflachung (M. T.) des sich vorlagernden Sporns, welche der Mittelterrasse zuzuordnen ist, und von hier verläuft der Hang ziemlich steil bis 210 m zur Landstraße. Verläßt man diese, so kommt man wiederum auf eine Verebnung (Loreley-ST. Lo. 3), die sich fast quadratisch bis in die Höhe von 240 m ausbreitet, und außerordentlich deutlich ausgebildet ist. Bis 265 m ist der Anstieg wieder sehr steil. Die Landstraße muß sich in mehreren Kehren emporarbeiten. Der steile Hang macht in 265 m einer deutlichen Terrasse Platz, deren Ausdehnung bis an die 280-m-Isohypse reicht. Auch diese letzte Terrasse ordne ich noch der diluvialen Hauptterrasse (Pa. 3) zu. Ein relativ sanft ansteigender Hang führt nun zur Restfläche der pliozänen Kieseloolithterrasse (Pl. 4). Sie erstreckt sich zungenförmig von 300—320 m, in der Mitte sogar ein rückläufiges Gefälle aufweisend. Eine letzte Verflachung ist in 350 m Höhe vorhanden, zu welcher der pliozäne Hang ansteigt. Wegen der relativ tiefen Lage kann ich sie noch nicht der miozänen Trogfläche zuordnen, und sie ist, da von beiden Seiten ein Tal angreift, wahrscheinlich als sehr stark erniedrigt anzunehmen. Der Talhang verläuft bis hierhin gleichmäßig steil, die Talkante steigt von 210 m (Loreleystufe) bis 300 m an. Von der 350-m-Fläche kommen wir auf sanft sich neigendem Hang zu einer Verflachung (Pl. 5), die sich in 320—310 m erstreckt. In 310 m bricht sie mit scharfer Kante gegen das Tal ab. Die Fläche ist von quadratischer Form und als pliozäne Verebnung zu bezeichnen, wie die in gleicher Höhe gelegenen Flächen auf der anderen Talseite. Auf der anderen Seite des kleinen Nebenbachs, der hier in das Tal einmündet, ist in gleicher Höhe ebenfalls eine geringe Verflachung (Pl. 6) zu bemerken. Nebenbach und oberer Teil des Engebachs bilden hier eine Hangverschneidung, und zungenartig dringt der sanftabfallende, mit Wald bestandene Hang bis zur Mündung des Nebenbachs in den Hauptbach vor. Im Quellgebiet des Nebentals liegt die Talkante in

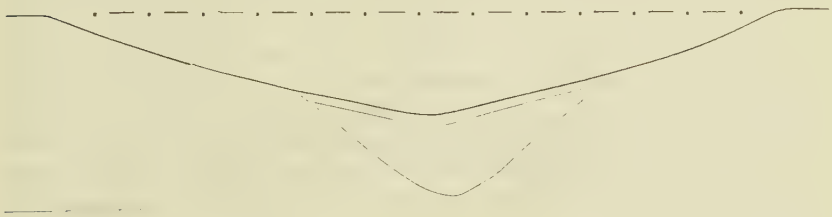
340 m Höhe, wohin sie von 310 m langsam emporsteigt. An der andern Seite erreicht sie noch einmal 300 m, um über der Schiefergrube wieder bis auf 360 m zu steigen. Die deutliche Talkante oberhalb der Schiefergrube, in einem Teil der Quellmulde in 380 m, unterhalb der Landstraße, läßt hier deutlich die Verebnung der Trogfläche bestimmen. Die Landstraße führt nach Langscheid, z. T. die Fläche schneidend. Der Ort liegt oberhalb der Quellmulde des kleineren Elligtales. —

In allen Tälern des Arbeitsgebietes ist ein charakteristisches Querprofil vorhanden, und zwar ist es enger oder weiter V-förmig. In dieser Talform fallen ferner zwei verschiedene Hangneigungen[13]) auf, von denen die obere nur sanft geböscht ist, während die untere einen sehr steilen Hang ausbildet; beide sind durch eine deutliche Talkante getrennt (s. Profil) (vgl. dazu morphologische Erklärung am Enge-Tal). Offensichtlich können die beiden Hangformen zwei verschiedenen Perioden der Tal-Bildung zugeordnet werden. Wir haben demnach sozusagen zwei Täler von verschiedenem Alter vor uns, die schachtelartig ineinanderlagern. Leite ich die zeitliche Datierung von den Terrassen ab, dann hat der ältere Ausraum pliozänes und der jüngere diluviales[14]) Alter.

Diese landschaftsgegebenen Tatsachen sind ausschlaggebend für die Möglichkeit einer Ausraumberechnung, wie sie im folgenden dargestellt ist. Und außerdem ergibt sich dabei die andere Möglichkeit, durch die Berechnungen einen zeitlichen Vergleich der beiden talbildenden Perioden aufstellen zu können.

b) Trennung und Abgrenzung der Ausräume.

Um die beiden ineinandergelagerten Talräume einzeln für sich betrachten zu können, ist es notwendig, eine geeignete gegenseitige Abgrenzung zu schaffen. Es wird also zuerst für jede Periode eine obere und untere Grenze angegeben. Die Bestim-



[13]) Es ist nicht möglich, einen bestimmten Winkel für die Hangneigung anzugeben, da er von Fall zu Fall variiert.

[14]) Darin sind alle diluvialen Erosionsperioden einbegriffen, von der Patersberger Stufe der Hauptterrasse bis zur Niederterrasse.

Als Füllmaterial zur Volummessung an dem Relief bediente ich mich feingesiebten Sandes. Wegen seiner körnigen Zusammensetzung hat der Sand die Eigenschaft, ein kleineres oder größeres Volumen anzunehmen, je nachdem, ob er fest zusammengedrückt oder nur locker aufgeworfen ist. Dies war bei der Auffüllung natürlich zu beachten. Der Sand wurde nur gleichmäßig lose aufgeschüttet. Die Richtigkeit der Messung wurde durch wiederholtes Auffüllen nachgeprüft.

Im Enge-Tal kann nur dort die pliozäne Hangneigung berücksichtigt werden, wo die Pliozänterrasse noch vorhanden ist. Sie wird in gewisser Entfernung vom Rhein durch die tiefere Hauptterrasse abgelöst. Deshalb tritt die Frage auf, ob das Relief vollständig bis zum Rheintal ausgemessen werden soll, oder ob dort eine Abgrenzung geschaffen werden muß, wo die Pliozänterrasse aufhört das Tal zu begleiten. Ich will zu dieser Frage vorwegnehmen, daß die letztere Abgrenzung nicht zum Ziele führt, wie ich durch Versuche und Vergleich mit den übrigen Messungen feststellen konnte. — Zuerst wird die diluviale Erosionsperiode bis zur Talkante angefüllt, wie ich sie bei der Kartierung angegeben habe. Die Talkante verläuft zuerst in der Isohypse von 300 m, um darauf im Oberlauf, nahe der Quellmulde, einige Meter höher hinaufzusteigen, wo zu beiden Seiten eine kleine Austalung vorliegt. Auf der rechten Seite verläuft sie zuerst in 340 m beim Nebentälchen, und dann bis 360 m oberhalb des Tälchens. Auf der linken Talseite steigt die Kante zuerst auf 320 m, im Nebental selbst auf 330 und 340 m und verlegt sich dann zur Quellmulde hin wieder in die Höhe von 330 m. Das Relief wurde so angefüllt, daß ein pliozänes Tal entstanden ist, wobei ich mich nach der heutigen Hangform richtete. Der oberhalb der Talkante liegende Hang wurde in seiner Abdachung fortgeführt, um im Treffpunkt der sich von beiden Seiten verschneidenden Hänge die pliozäne Talrinne zu kennzeichnen. Die Schroffheit des Tales weicht einer ausgeglichenen Talform, die mit einer weiten, seichten Mulde zu vergleichen wäre. Da, wo die Pliozänterrasse aufhört, also die jetzige Talform vollständig diluvial entstanden ist, wird in 300 m, auf der Linie der Wasserscheide bis zum Rheintal eine Abgrenzung geschaffen. Bis an diese wird hier das Tal angefüllt, und analog dem oberen Talstück eine pliozäne Talrinne geschaffen. Das auf diese Art entstandene Tal fülle ich nun wiederum mit Sand an bis zu der Höhe, welche ich bei der Kartierung als Rand der jungmiozänen Trogfläche angedeutet habe. Die Begrenzungslinie des Tales führe ich auf der Wasserscheide, die das Enge-Tal von den benachbarten Tälern trennt. Die Wasserscheide ist nach meiner Ansicht die einzige Grenze, welche man für den Ausraum seitlich ansetzen kann. Als obere

Abgrenzung des pliozänen Ausraums entstand bei der Auffüllung eine ebene Fläche. Der Sandverbrauch für das diluviale Tal betrug 600 cm^3, für den pliozänen Ausraum 1900 cm^3; in absoluten Zahlen ist der Ausraum für die beiden Perioden: 30 000 m^3 und 95 000 m^3. Es besteht danach das Erosionsverhältnis für die beiden Perioden:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{30\,000}{95\,000}\ m^3 = 1 : 3{,}16$$

2. Profilmethode.

Dieser Methode liegt die Profilmessung zur Bestimmung des Ausraums zu Grunde. Ich lege bei dieser Methode keinen Wert darauf, den vollen Inhalt des Tales zu berechnen, dazu genügt das Ergebnis der vorangegangenen Berechnung. Hierbei kommt es mir nur darauf an, durch die Messung die richtige Verhältniszahl für die Ausräume der beiden Erosionsperioden zu erhalten. — Das Tal wird also durch möglichst viele Querschnitte zerlegt. Diese müssen regelmäßig auf den Talverlauf verteilt sein, so daß nicht etwa im Oberlauf des Tales die Profile unverhältnismäßig dicht gedrängt sind, da nur bei einer gleichmäßigen Verteilung der Profile aus ihnen das Mittel für das Endergebnis genommen werden kann. Außer der Verteilung der Profile im Talverlauf, kommt es noch auf die Einzellage der Querschnitte an. Dabei sind in der Hauptsache zwei Lagen zu berücksichtigen: 1. das Profil wird rechtwinklig zum Talverlauf gelegt, 2. die Profile werden parallel zueinander gezeichnet. Beide Punkte können nur dort berücksichtigt werden, wo der Talverlauf gerade ist. Ich habe deshalb den ersten Punkt berücksichtigt, also die Profile rechtwinklig zum Tal gezeichnet; in den meisten Fällen weist das Tal nämlich beträchtliche Windungen auf, sodaß bei paralleler Lage der Profile keine normalen Querschnitte mehr entstehen können. — Wie bei der ersten Methode wird wieder das Enge-Tal zur Messung genommen. Ich zeichnete 18 Profile, rechtwinklig zum Talverlauf. Dabei vergrößerte ich die Zeichnung im Maßstab 1:5000. Die Abstände der Querschnitte sind unregelmäßig. Der Flächeninhalt eines jeden Profils wird mit dem Planimeter ausgemessen, und zwar für die diluviale wie pliozäne Phase getrennt, wobei für die Abgrenzung der beiden Erosionsperioden jene Bedingungen gelten, die ich bei den Messungen am Relief angegeben habe. Die Flächeninhalte werden addiert und aus der Summe das Mittel genommen. Die Berechnungen dieser Methode ergaben für die diluviale und pliozäne Phase folgendes Zahlenverhältnis:

Als Füllmaterial zur Volummessung an dem Relief bediente ich mich feingesiebten Sandes. Wegen seiner körnigen Zusammensetzung hat der Sand die Eigenschaft, ein kleineres oder größeres Volumen anzunehmen, je nachdem, ob er fest zusammengedrückt oder nur locker aufgeworfen ist. Dies war bei der Auffüllung natürlich zu beachten. Der Sand wurde nur gleichmäßig lose aufgeschüttet. Die Richtigkeit der Messung wurde durch wiederholtes Auffüllen nachgeprüft.

Im Enge-Tal kann nur dort die pliozäne Hangneigung berücksichtigt werden, wo die Pliozänterrasse noch vorhanden ist. Sie wird in gewisser Entfernung vom Rhein durch die tiefere Hauptterrasse abgelöst. Deshalb tritt die Frage auf, ob das Relief vollständig bis zum Rheintal ausgemessen werden soll, oder ob dort eine Abgrenzung geschaffen werden muß, wo die Pliozänterrasse aufhört das Tal zu begleiten. Ich will zu dieser Frage vorwegnehmen, daß die letztere Abgrenzung nicht zum Ziele führt, wie ich durch Versuche und Vergleich mit den übrigen Messungen feststellen konnte. — Zuerst wird die diluviale Erosionsperiode bis zur Talkante angefüllt, wie ich sie bei der Kartierung angegeben habe. Die Talkante verläuft zuerst in der Isohypse von 300 m, um darauf im Oberlauf, nahe der Quellmulde, einige Meter höher hinaufzusteigen, wo zu beiden Seiten eine kleine Austalung vorliegt. Auf der rechten Seite verläuft sie zuerst in 340 m beim Nebentälchen, und dann bis 360 m oberhalb des Tälchens. Auf der linken Talseite steigt die Kante zuerst auf 320 m, im Nebental selbst auf 330 und 340 m und verlegt sich dann zur Quellmulde hin wieder in die Höhe von 330 m. Das Relief wurde so angefüllt, daß ein pliozänes Tal entstanden ist, wobei ich mich nach der heutigen Hangform richtete. Der oberhalb der Talkante liegende Hang wurde in seiner Abdachung fortgeführt, um im Treffpunkt der sich von beiden Seiten verschneidenden Hänge die pliozäne Talrinne zu kennzeichnen. Die Schroffheit des Tales weicht einer ausgeglichenen Talform, die mit einer weiten, seichten Mulde zu vergleichen wäre. Da, wo die Pliozänterrasse aufhört, also die jetzige Talform vollständig diluvial entstanden ist, wird in 300 m, auf der Linie der Wasserscheide bis zum Rheintal eine Abgrenzung geschaffen. Bis an diese wird hier das Tal angefüllt, und analog dem oberen Talstück eine pliozäne Talrinne geschaffen. Das auf diese Art entstandene Tal fülle ich nun wiederum mit Sand an bis zu der Höhe, welche ich bei der Kartierung als Rand der jungmiozänen Trogfläche angedeutet habe. Die Begrenzungslinie des Tales führe ich auf der Wasserscheide, die das Enge-Tal von den benachbarten Tälern trennt. Die Wasserscheide ist nach meiner Ansicht die einzige Grenze, welche man für den Ausraum seitlich ansetzen kann. Als obere

Abgrenzung des pliozänen Ausraums entstand bei der Auffüllung eine ebene Fläche. Der Sandverbrauch für das diluviale Tal betrug 600 cm^3, für den pliozänen Ausraum 1900 cm^3; in absoluten Zahlen ist der Ausraum für die beiden Perioden: 30 000 m^3 und 95 000 m^3. Es besteht danach das Erosionsverhältnis für die beiden Perioden:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{30\,000}{95\,000}\ m^3 = 1 : 3{,}16$$

2. Profilmethode.

Dieser Methode liegt die Profilmessung zur Bestimmung des Ausraums zu Grunde. Ich lege bei dieser Methode keinen Wert darauf, den vollen Inhalt des Tales zu berechnen, dazu genügt das Ergebnis der vorangegangenen Berechnung. Hierbei kommt es mir nur darauf an, durch die Messung die richtige Verhältniszahl für die Ausräume der beiden Erosionsperioden zu erhalten. — Das Tal wird also durch möglichst viele Querschnitte zerlegt. Diese müssen regelmäßig auf den Talverlauf verteilt sein, so daß nicht etwa im Oberlauf des Tales die Profile unverhältnismäßig dicht gedrängt sind, da nur bei einer gleichmäßigen Verteilung der Profile aus ihnen das Mittel für das Endergebnis genommen werden kann. Außer der Verteilung der Profile im Talverlauf, kommt es noch auf die Einzellage der Querschnitte an. Dabei sind in der Hauptsache zwei Lagen zu berücksichtigen: 1. das Profil wird rechtwinklig zum Talverlauf gelegt, 2. die Profile werden parallel zueinander gezeichnet. Beide Punkte können nur dort berücksichtigt werden, wo der Talverlauf gerade ist. Ich habe deshalb den ersten Punkt berücksichtigt, also die Profile rechtwinklig zum Tal gezeichnet; in den meisten Fällen weist das Tal nämlich beträchtliche Windungen auf, sodaß bei paralleler Lage der Profile keine normalen Querschnitte mehr entstehen können. — Wie bei der ersten Methode wird wieder das Enge-Tal zur Messung genommen. Ich zeichnete 18 Profile, rechtwinklig zum Talverlauf. Dabei vergrößerte ich die Zeichnung im Maßstab 1:5000. Die Abstände der Querschnitte sind unregelmäßig. Der Flächeninhalt eines jeden Profils wird mit dem Planimeter ausgemessen, und zwar für die diluviale wie pliozäne Phase getrennt, wobei für die Abgrenzung der beiden Erosionsperioden jene Bedingungen gelten, die ich bei den Messungen am Relief angegeben habe. Die Flächeninhalte werden addiert und aus der Summe das Mittel genommen. Die Berechnungen dieser Methode ergaben für die diluviale und pliozäne Phase folgendes Zahlenverhältnis:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = 1{:}3{,}2$$

3. Profil + Volummethode.

Jedes Profil gibt für die diluviale und pliozäne Phase ein bestimmtes Zahlenverhältnis. Aber dieses Verhältnis ist im Oberlauf des Tales anders als im Mittellauf, und im Mittellauf ist es wieder anders als im Unterlauf. Deshalb wurde bei der zweiten Methode aus Profilen von allen Talabschnitten das Mittel genommen und auf diese Weise ein befriedigendes Ergebnis für den ganzen Ausraum erhalten. Obwohl die beiden angeführten Methoden schon durch ihr übereinstimmendes Ergebnis zeigen, daß sie brauchbar sind, will ich trotzdem noch eine dritte Methode angeben, welche ich ausgeprobt habe. Die erste Methode ist selbstverständlich überall gut zu verwerten, aber es würde doch sehr viel Umstände verursachen, wenn man für alle Täler im Arbeitsgebiet ein Relief in so großem Maßstabe anfertigen sollte. Und wie verhält sich die zweite Methode im Arbeitsgebiet? Im Großen und Ganzen ist sie gut zu gebrauchen, nur ab und zu stößt man auf Schwierigkeiten, die allerdings zu überwinden wären. Dort nämlich, wo die Täler dicht gedrängt sind und zahlreiche Neben- und Quellflüsse haben, sind die Hänge und Flächen von allen Seiten so stark erosiv angegriffen, daß es sehr schwer ist, eine Abgrenzung zwischen diluvialer und pliozäner Phase zu treffen. Allerdings kann man bei genügender Anzahl von Versuchen fast immer eine Profilzahl für ein Talsystem erhalten, welche für eine Messung ausreichend ist.

In allen Talsystemen des Arbeitsgebietes, mag es noch so kompliziert sein, gibt es immer einige Teile, in welchem das Tal geraden Verlauf zeigt, allerdings sind es stets nur kurze Strecken. Diese Stellen sind besonders günstig für die Profillegung, da hier die Isohypsen fast parallel verlaufen. Dadurch entstehen regelmäßige Querprofile. Werden hier für die beiden in Frage kommenden Erosionsperioden Messungen angestellt, so müssen die Ergebnisse verschieden sein, je nachdem, ob Talstücke im Ober-, Mittel- oder Unterlauf gemessen wurden. Der Grund liegt darin, daß die diluviale Erosion in dem Tal ungleich zur Geltung kommt, im oberen Teil nur schwach, im Unterlauf jedoch in vollem Ausmaß, da hier nämlich alle Formen des diluvialen Ausraums, die Patersberger Stufe, Loreley-Stufe und Mittelterrasse vorhanden sind. Das pliozäne Tal ist hingegen ganz gleichmäßig ausgebildet. Aus diesen Gründen kann ich nicht jeden Teil, der mir günstig erscheint, für die Messung verwerten. Nur dort ist eine

Messung möglich und liefert richtige Ergebnisse, wo die diluviale Erosion sich in dem Tal voll und ganz ausgewirkt hat. Das ist aber nur in dem unteren Drittel des Tales der Fall, unterhalb der Gefällssteile der Loreley-Stufe. In allen Tälern, für welche die Messung in Betracht kommt, ist in dem Unterlauf eine Strecke vorhanden, welche die Vorbedingungen erfüllt. Das zur Messung bestimmte Talstück ist also begrenzt. Beide Erosionsperioden müssen darin enthalten sein, damit überhaupt ein Vergleich zwischen pliozänem und diluvialem Ausraum stattfinden kann. Für die Länge des Talstücks setze ich ½ km fest, das durch 9 parallele Profile zerlegt wird. Zu dieser Längenbegrenzung zwingt in den meisten Fällen der Verlauf des Tales, der jeweilig nur ein kurzes Stück gerade vorhanden ist. Die Neunzahl der Profile ist willkürlich, ist aber auch wiederum nicht anders möglich, da die Länge des Teilstücks kaum eine größere Anzahl zuläßt, und die Abstände nicht geringer als 2 mm von dem Meßtischblatt entnommen werden können. Die seitliche Abgrenzung gegen das übrige Gebiet bildet wieder wie bei den anderen Methoden die Wasserscheide. Die Messungsergebnisse müssen bei diesem Talausschnitt genau mit den vorhergehenden übereinstimmen, da ja diluvialer und pliozäner Ausraum im gleichen Verhältnis berücksichtigt wurden wie vorher. — Den Inhalt des auf diese Weise herausgeschnittenen Talstücks kann ich mit Hilfe der Volumformel, der Simpson'schen Regel, berechnen. Ich zerlege den Abschnitt durch 9 parallele Schnittflächen in 8 Scheiben.“ Diese Scheiben müssen aber erstlich alle gleichabständig sein, und zweitens in einer geraden Anzahl abgeteilt sein. Dann faßt man je 2 und 2 aufeinanderfolgende Schichten als Prismatoide auf. Es sei die Zahl dieser Scheiben gleich 2n, ihre Dicke gleich a, also die Höhe des einzelnen Prismatoids gleich 2a; die Grundfläche sei f_0, die folgenden f_1, f_2, f_3 usw. bis f_{2n}. Dann wird das Volum:

$$V = \frac{1}{3} a \,(f_0 + f_{2n} + 2\,(f_2 + f_6 + \ldots + f_{2n-2}) + 4\,(f_1 + f_3 + \ldots f_{2n-1}).“ [16])$$

Ich habe parallele Profile gezeichnet[17]), diese wurden in gleichmäßigem Abstande von 2 mm dem Meßtischblatt entnommen. Wie in der 1. und 2. Methode habe ich den Maßstab in der Zeichnung auf den Maßstab 1:5000 vergrößert, damit die Flächenmessung mit dem Planimeter an Genauigkeit gewinnt. Die Profilflächen werden wie oben mit dem Planimeter ausgemessen. Die

[16]) Max Eckert, geographisches Praktikum, 1. Bd., Leipzig 1931.
[17]) vgl. Profilreihe I.

erhaltenen Werte werden in absolute Maße umgerechnet, wozu ich mir eine Konstante (Planimeter-Konstante) errechnet habe. $\pi r 2^2 = \pi \cdot 2^2$ entspricht 123 Einheiten. Ich stelle dann die Gleichung auf: $\frac{X}{\pi r^2} = \frac{D\ (Pl)}{123}$, wobei X die zu errechnende Konstante und D bzw. Pl die diluviale bzw. pliozäne Erosionsphase ist.

$$X = \frac{\pi \cdot 4 \cdot D\ (Pl)}{123}$$

$$X = \frac{3{,}14 \cdot 4}{123} \cdot D\ (Pl) = 0{,}1022 \cdot D\ (Pl)$$

Die mit dem Planimeter ausgemessenen Flächen der Profile sind folgende:

Diluvial	pliozän
181	263
180	360
179	360
134	354
143	451
100	450
75	485
80	455
80	431

Die Werte der Querschnitte in Quadratzentimeter:

Diluvial	pliozän
$f_0 = 18{,}4982$	$f_0 = 26{,}8786$
$f_1 = 18{,}3960$	$f_1 = 36{,}7920$
$f_2 = 18{,}2938$	$f_2 = 36{,}7920$
$f_3 = 13{,}6948$	$f_3 = 36{,}1788$
$f_4 = 14{,}6146$	$f_4 = 46{,}0922$
$f_5 = 10{,}2200$	$f_5 = 45{,}9900$
$f_6 = 7{,}6650$	$f_6 = 49{,}5670$
$f_7 = 8{,}1760$	$f_7 = 46{,}5010$
$f_8 = 8{,}1760$	$f_8 = 44{,}0482$

Die Werte in die Formel eingesetzt:

diluviale Erosion: a = 1 cm

$V = \frac{1}{3}$ (18,4982 + 8,1760 + 2 (18,2938 + 14,6146 + 7,6650) + 4 (18,3960 + 13,6948 + 10,2200 + 8,1760) cm^3.

$V = \frac{1}{3}$ (26,6742 + 81,1468 + 201,9480) = 103,2563 cm^3.

Für das Talstück beträgt die diluviale Erosion: $V = 103{,}2563\ cm^3$.

pliozäne Erosion:

$$V = \frac{1}{3}\ (26{,}8786 + 44{,}0482 + 2\ (36{,}7920 + 46{,}0922 + 49{,}5670) + 4\ (36{,}7920 + 36{,}1788 + 45{,}9900 + 46{,}5010)\ cm^3.$$

$$V = \frac{1}{3}\ (70{,}9268 + 264{,}9024 + 661{,}8472) = 332{,}5588\ cm^3.$$

Für das Talstück beträgt die pliozäne Erosion: $V = 332{,}5588\ cm^3$.
Setzt man diese Zahlen zueinander in Beziehung, so ergibt sich:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{103{,}2563}{332{,}5588}\ cm^3 = 1 : 3{,}22$$

$$\frac{5162{,}8}{16627{,}94}\ m^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

4. Vergleich der drei Methoden.

Die Ergebnisse der drei Messungsmethoden

1. Diluvialer Ausraum : Pliozäner Ausraum = 1:3,16
2. Diluvialer Ausraum : Pliozäner Ausraum = 1:3,2
3. Diluvialer Ausraum : Pliozäner Ausraum = 1:3,22

zeigen eindeutig die Genauigkeit der Messung und Berechnung und ebenfalls ihre Gleichwertigkeit in der Verwendung. Aus diesen Gründen kann für die übrigen Ausraumberechnungen im Arbeitsgebiet eine der drei Methoden angewendet werden, ohne daß noch einmal Kontrollversuche mit den anderen gemacht werden. Ich verwende die letztere Messungsart deshalb, weil sie mir für die gegebenen Täler am besten geeignet erscheint. Alle Täler nämlich, an denen ich weitere Ausraummessungen ausführte, haben ein regelmäßiges Talstück in ihrem Unterlauf aufzuweisen, das für die Messungen in Betracht kommt. Der Talausschnitt wird so abgegrenzt und gewählt, wie ich es oben angegeben habe.

5. Anwendung der Messungsmethoden.

In dem Arbeitsgebiet herrschen drei Gesteinsarten vor, im Süden der Taunusquarzit, nördlich daran schließt sich der Hunsrückschiefer; die Grenze zwischen beiden kann durch die Quellmulden der südlichen Nebenbäche des Heimbaches bezeichnet werden, die sich in Folge rückschreitender Erosion in den Quarzit einnagen. Das nördliche Drittel des Gebiets gehört den Koblenzschichten an, die sich unterhalb von Oberwesel gegen den Schiefer abgrenzen .Diese Gesteinsunterscheidung ist von besonderer Wich-

tigkeit für die Ausraummessung. Sie soll in allen drei Gebieten vorgenommen werden.

Aus dem Hunsrückschiefer hatte ich das Tal des Engebachs für die Messungsmethoden gewählt. Deshalb beschreibe ich im Folgenden zunächst die übrigen Ausraummessungen aus dem Schiefergebiet. Um die Berechnungen allem Zweifel zu entziehen, halte ich es für notwendig, meine Ergebnisse nicht nur zahlenmäßig anzugeben, sondern auch die Lage der Profilzeichnungen genau zu charakterisieren.

α Ausraummessung im Hunsrückschiefer.

In diesen Bereich fallen die Talsysteme des Heimbach, Gailsbach, Münzbach, Borbach. Da das Münzbachtal für eine Ausraummessung ein besonders gutes Objekt darstellt, will ich es in der Beschreibung voranschicken.

Vom Zusammenfluß des Biesel- und Borbach zum Münzbach etwa einen halben Kilometer talabwärts 1½ km von der Mündung in den Rhein entfernt, habe ich die für die Messung notwendigen Profile gezogen (s. Profilreihe II). Der Unterlauf des Baches ist steil in die Pliozänterrasse (320 m) eingeschnitten, ebenfalls in die Hauptterrasse (Patersberger Stufe, 240 m). In einem Abstand von 50 m (auf dem Meßtischblatt von 2 mm) wurden 9 parallel verlaufende Profile gezeichnet. In den Talprofilen prägt sich eine deutliche Talkante aus, die auf der rechten Seite in 340 m Höhe verläuft, während die Kante linksseitig nicht über 300 m hinausgeht. Die Kante ist die Grenze zwischen diluvialer und pliozäner Hangneigung, die in beiden Fällen gut entwickelt ist. Die Kante zeigt eine starke Ausbuchtung dort, wo der kleine Nebenbach, die Mönchsrinne, mit in die Profilzeichnung einbezogen wird. Um die Zeichnung möglichst anschaulich zu machen, habe ich die Profile auch im Abstande maßstabsgetreu (1 : 5000) hintereinander gezeichnet. Die Punkte gleicher Höhe wurden durch Ishypsen verbunden, damit man sich beim Vertiefen in die Darstellung das Talstück körperlich vorstellen kann. Auch wird es dabei klar, daß es keine Ursache zu einer Fehlerquelle sein kann, wenn im Zweifelsfalle die Kante an einem Profil einige Meter zu hoch, bzw. zu tief angenommen wurde, da sich beide Fälle gegenseitig unbedingt ausgleichen. Genau so verhält es sich mit der Höhenlage des pliozänen Talbodens, der aus der Bestimmung der Talkante notwendig hervorgehen muß. Die Trogfläche, (miozän) bildet in 400 m die Grenze gegen das Pliozän auf der rechten Talseite, während auf der linken Seite eine tiefere Grenze in Höhe von 380 m gilt. (Gemeinsamer Riedel mit dem Enge-Tal, vergl. dortige Kartierung). — Die Messungen und Berechnungen wurden

nach obiger Beschreibung mit der Simpson'schen Regel ausgeführt. Die Ergebnisse für das Münzbachtal sind folgende:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = 1 : 3$$

aus folgenden Berechnungen:

diluviale Erosion:

$$V = \tfrac{1}{3}\,(30{,}71744 + 32{,}00320 + 2\,(27{,}61920 + 30{,}68800 + 29{,}02208) + 4\,(27{,}70688 + 31{,}30176 + 28{,}49600 + 28{,}40832)\ \text{cm}^3.$$

$$V = \tfrac{1}{3}\,(62{,}72064 + 174{,}65856 + 463{,}68284) = 233{,}353347\ \text{cm}^3.$$

Für Talstück beträgt die diluviale Erosion:

$V = 233{,}353347\ \text{cm}^3$. (absolute Zahl: 11667,66735 m^3.)

Pliozäne Erosion:

$$V = \tfrac{1}{3}\,(85{,}31264 + 74{,}00192 + 2\,(112{,}58112 + 83{,}29600 + 76{,}45696) + 4\,(94{,}95744 + 101{,}53344 + 76{,}10624 + 74{,}44032)\ \text{cm}^3$$

$$V = \tfrac{1}{3}\,(159{,}31456 + 544{,}66816 + 1378{,}13976) = 694{,}048267$$

Für das Talstück beträgt die pliozäne Erosion:

$V = 694{,}048267\ \text{cm}^3$. (absolute Zahl: 34702,41335 m^3.)

Dieselben Bedingungen wurden auch bei den Messungen in den übrigen Talabschnitten zugrundegelegt. Die nächste Ausraummessung machte ich am Tal des Borbach, noch etwas oberhalb der Einmündung des Dorweilerbaches. Die Talform ist ebenso ausgesprochen wie beim Münzbach. Die Talkante verläuft an beiden Hängen in gleichmäßiger Höhe von 340 m. Die Messungen ergaben:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{94{,}36469}{308{,}95659}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}26$$

$$\frac{4718{,}2345}{15447{,}8295}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

Das Bachsystem des Gailsbaches ist sehr stark ververzweigt, und gerade im Gebiet der Profile mündet der Diebach in den Gailsbach, weshalb die beiden Seiten sehr unregelmäßig

sind. Die rechte Seite der Profile geht nur bis 320 m, Hier ist der Riedel am Wurschberg bis auf 327 m erniedrigt, denn er wird von den beiden Seiten, dem Gailsbachtal nördlich und dem Heimbachtal südlich eingeengt, so daß er fast einen Grat bildet. — Für den Ausraum der Diluvialzeit und den des Pliozäns errechnete ich aus den vorgenommenen Messungen ein ganz ähnliches Zahlenverhältnis, wie an den Tälern von Münz- und Borbach:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{229{,}7632}{721{,}3276}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}13$$

$$\frac{11488{,}16}{36064{,}38}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

Die Messungen beim südlichen Heimbachtal brachten ebenfalls ein derartiges Ergebnis:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{134{,}02146}{431{,}8631}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}2$$

$$\frac{6701{,}073}{11593{,}155}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

β) Messungen in der Grauwacke der Koblenzschichten.

Die Grenze zwischen dem Hunsrückschiefer und den Koblenzschichten verläuft, mehrfach verworfen, von Oberwesel bis Pünderich (Mosel). Die Landschaft hat in diesem Gestein ein etwas anderes Aussehen. Die Hänge der Täler, die weiter ausgearbeitet sind, tragen Wald und verhüllen dadurch den erosiven Charakter der Landschaft ein wenig, der im Schiefergebiet so deutlich ist, und durch die kahlen Weinberge noch hervorgehoben wird. Hier habe ich das Niederbachtal bei Oberwesel und das Gründelbachtal bei St. Goar in die Ausraumberechnungen einbezogen. In der Muschel von Boppard (vgl. Schwarzer) habe ich keine Messungen vorgenommen, da das Gebiet derartig vielseitig zertalt ist, daß nur ab und zu sich der Rest einer früheren Terrasse finden läßt, und es deshalb äußerst ungünstig für jegliche Messungen ist, aber es ergibt sich aus den übrigen Messungen, daß man die Ergebnisse der berechneten Ausräume zweifellos auch auf die Muschel von Boppard ausdehnen kann. Die nördlicher gelegenen Bachtäler können wegen ihrer Kürze den Messungen nicht unterzogen werden. — Für die Messungen am Niederbachtal (vergl. Profilreihe III) habe ich einen Abschnitt durch Profile zerlegt, der eine Länge von ½ km besitzt und

und 1 km von der Talmündung entfernt ist. Die Berechnungen brachten folgendes Ergebnis:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{308{,}9443}{957{,}07146}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}09$$

$$\frac{15447{,}215}{47853{,}573}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

Aus den Messungen im Gründelbachtal ergaben sich folgende Werte:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{159{,}88226}{543{,}5366}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}33$$

$$\frac{7991{,}113}{27176{,}83}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

γ) Messungen im Quarzit.

Das dritte Gebiet, welches für eine Ausraummessung in Frage kommt, ist das südliche Quarzitgebiet des Binger-Waldes. Der Binger-Wald wird von 4 Bächen zertalt, von denen der Morgenbach der bedeutendste ist. Sein Tal habe ich für die Berechnungen herausgewählt. In dem 6,5 km langen Tal wechseln bunte Schiefer und Taunusquarzit miteinander ab. Ich habe die Profile an der Stelle gezeichnet, wo der Ohligsberg (311 m) an der rechten Talseite die obere Grenze der Profile bildet. Auf der anderen Talseite reichen die Profile über den Beilenstein (377 m) und den Ziemerkopf (425 m) bis in die Höhe von 618 m (Franzosenkopf). Der Hang steigt langsam, aber regelmäßig von 340 m (Talkante) bis 400 m an, wo ich die obere Grenze für die pliozäne Austalung annehme. Von dort an wird die Kurve des Ansteigens bis zur Höhe ziemlich flach. Die Talkante der rechten Seite verläuft in 330—310 m. Da der pliozäne Hang infolge Erosion von zwei Seiten verschwunden ist, war es nicht möglich, die Verlängerung der beiden Hänge zum Schnitt zu bringen. Da der linksseitige Hang sehr gut ausgebildet ist, stellte ich die Verbindung auf andere Weise her. Ich verlängerte den linksseitigen Hang, wie bei den vorangegangenen Messungen von der Talkante aus. Von der anderen Seite zog ich in Höhe von 300 m bzw. 310 m eine Gerade, bis sie in gleicher Höhe die Verlängerung des andersseitigen Hanges schnitt. Die mittlere Tiefe des abgeteilten Stückes ist wahrscheinlich zu groß, aber dieser Fehler wird dadurch ausgeglichen, daß ich seitlich zu wenig für die letzte Erosionsphase abgeteilt habe, weil der Hang mir nicht, wie

an der andern Seite, Anhaltspunkte dafür gab. Die Messungen im Morgenbachtal brachten folgendes Ergebnis:

$$\frac{\text{diluvialer Ausraum}}{\text{pliozäner Ausraum}} = \frac{67{,}2823}{245{,}4503}\ \text{cm}^3 = 1 : 3{,}6$$

$$\frac{3364{,}115}{12272{,}515}\ \text{m}^3 \text{ (absolute Zahl)}$$

III. Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse.

Stellen wir die Ergebnisse der Ausraumberechnungen noch einmal zum Vergleich zusammen: das Verhältnis diluvialer Ausraum : pliozäner Ausraum ist folgendes:

1. Schiefer

Enge-Tal	1 : 3,2
Münzbachtal	1 : 3,0
Borbachtal	1 : 3,26
Gailsbachtal	1 : 3,13
Heimbachtal	1 : 3,2

2. Koblenzschichten

Niederbachtal	1 : 3,09
Gründelbachtal	1 : 3,33

3. Quarzit

Morgenbachtal	1 : 3,6

Der Vergleich der Berechnungsergebnisse zeigt die Uebereinstimmung der Ausraumverhältnisse für Diluvium und Pliozän in den drei vorhandenen Gesteinsarten. —

Durch die Ausraumberechnungen wurden die betrachteten Erosionsperioden in eine Größenbeziehung gebracht. Der Ausraum für die pliozäne Erosion beträgt danach das 3,2-fache der diluvialen Erosion. Und die Möglichkeit ist hierdurch gegeben, mit Hilfe der berechneten Zahlen ein absolutes Zeitverhältnis aufzustellen. Nimmt man die Dauer des Diluviums als eins an, dann muß die Periode des Pliozän nach den Ausraumberechnungen mindestens drei gewesen sein. Als genau drei-mal so lang wäre sie nur in dem Falle zu bezeichnen, wenn die Erosion in den beiden Phasen ganz gleichmäßig gearbeitet hätte. Das ist aber hier nicht der Fall, wie aus den morphologischen Gegebenheiten ersichtlich ist. Bei dem Vergleich der pliozänen und diluvialen Talformen fällt die vorwiegende Tiefenerosion im diluvialen Abschnitt auf und die ausgiebige Seitenerosion im pliozänen Tal; daher muß stärkere und auch schnellere Erosionstätigkeit für den diluvialen Abschnitt angenommen werden. —

Würden Ausraumberechnungen in geologisch verschiedenen Gebieten vorgenommen, dann würden die dort erhaltenen Ergebnisse zu recht interessanten Vergleichen führen. Die einzelnen Entstehungsperioden werden dadurch in ein zahlenmäßiges Verhältnis gebracht und geben die Möglichkeit für einen zeitlichen

Vergleich. — Das Rheintal bietet auch hier wieder den Gegenstand zur näheren Erörterung. — In den Rheinterrassen ist das Untersuchungsgebiet gegeben, um die Verknüpfung zwischen alpiner und nordischer Vereisung herzustellen, da der Rhein die naturgegebene Brücke zwischen dem alpinen und norddeutschen Vergletscherungsgebiet darstellt. Derartige Untersuchungen sind verschiedentlich gemacht worden.[18]) Auf Grund der Terrassen- und Lößgliederung wurden die Rheinterrassen in Zusammenhang mit den alpinen Eiszeitformen gebracht. Aus derartigen Untersuchungen stellte Steinmann folgende Vergleichstabelle auf:

Terrassen und Löß	Kulturen
Niederterrasse (Würmeiszeit)	Magdalénien
	Solutréen
Jüngerer Löß	
	Aurignacien
Mittelterrasse	
	Moustérien
Aelterer Löß (mit 4 Phasen)	Acheuléen
	Chelléen
Hochterrasse[19]) (Rißeiszeit)	
Hauptterrasse[20]) (2 Deckenschotter) (Günz-Mindeleiszeit)	

Vollkommen gesichert sind diese Vergleiche noch nicht. „Rückblickend erkennen wir, daß die Zeit immer noch nicht gekommen ist, unsere Mittel- und Niederrheinischen Terrassen mit den Eiszeiterscheinungen der Alpen in eine gesicherte Verbindung bringen zu können ,da dort weder die Hoch- noch die Mittelterrassenfrage völlig gelöst ist. Es kann bezweifelt werden, ob es ratsam ist, die alpinen bzw. oberrheinischen Schotternamen „Hochterrasse" und „Mittelterrasse" (im Sinne Steinmanns) ohne Einschränkung zu gebrauchen."[21]) Zu einer ähnlichen Ansicht kommt Mordziol[22]) bei dem Vergleich mit der Lößfrage: „Im

[18]) vgl. Angaben in: C. Mordziol, Flußterrassen und Löß am Mittelrhein. 2. Abh. des Naturw. Vereins in Koblenz. Festschrift zum 75-jähr. Jahrestage des Bestehens des Naturw. Vereins in Koblenz. Koblenz 1926.

[19]) Hochterrasse = Stufe der Mittelterrasse.

[20]) = Patersberger Stufe + Loreley-Stufe.

[21]) C. Mordziol a. a. O.

[22]) C. Mordziol a. a. O.

Gegensatz zum jüngeren Löß können wir für den älteren Rheinlöß noch kein sichergestelltes Verhältnis zur Alpenvergletscherung angeben, da die Stellung der Mittelterrasse und der Hochterrasse zu den Vergletscherungsperioden noch nicht genügend geklärt ist; noch viel weniger ist dies für den Frühlöß bei dem heutigen Stand der Beobachtungsgrundlagen möglich."

Durch die Ausraummessungen, wie ich sie in vorliegender Arbeit gegeben habe, wäre vielleicht eine Vergleichsgrundlage für das nördliche und alpine Vergletscherungsgebiet gegeben. Aus diesem Grunde habe ich noch im Rheintal derartige Berechnungen ausgeführt, wie ich sie für die Nebentäler im Vorhergehenden geschildert habe. Dabei wurde hier nur das diluviale Tal in Betracht gezogen, in welchem zwei Phasen unterschieden wurden. Dabei fasse ich zusammen: einerseits die Patersberger und Loreley-Stufe für den Ausraum der Hauptterrasse, andrerseits den übrigen diluvialen Ausraum, der sich aus Mittel- und Niederterrasse zusammensetzt. Es stehen sich also zwei Hauptphasen der Talbildung gegenüber. Diese beiden Ausräume:

1. Der Ausraum der Hauptterrasse (Patersberger- + Loreley-Stufe) = (P + L)
2. Der Ausraum von Mittel- und Niederterrasse = (M + N)

habe ich durch geeignete Messungen in einen zahlenmäßigen Zusammenhang gebracht und habe auch hier wieder eine ganz einfache Beziehung hergestellt. Es verhält sich:

$$(M + N) : (P + L) = 1 : 2{,}1 \text{ (Mittelwert)}$$

Ich habe die Zahl der Profile nicht so reichlich genommen wie im übrigen Gebiet, jedoch wurde die Lage der Querschnitte so gewählt, wie es für ein befriedigendes Ergebnis nützlich war. (Die genaue Lage der Profile habe ich in beiliegender Karte eingezeichnet.) Bei der Messung ist nur die Hälfte des Flächenprofils berücksichtigt worden, indem ich in der Mittellinie des Rheintals die Halbierung vornahm (siehe Zeichnung). Daß hierbei die Verhältniszahlen keinerlei Aenderung erfahren, wurde vorher festgestellt und ist auch offensichtlich.

Die Abgrenzung der Ausräume wurde durch wagerechte Linien vorgenommen (siehe Zeichnung), und nicht, wie ich es bei den Nebentälern getan habe, durch Verlängerung der Hangneigung. Auch dabei wird das Verhältnis nicht in Frage gestellt, wie ich durch Vergleichsmessungen festgestellt habe.

Fassen wir zum Schluß noch einmal die Ergebnisse der Ausraummessung zusammen, so sehen wir folgendes: man bringt durch derartige Berechnungen die verschiedenen Phasen der Talbildung in einen zahlenmäßigen Zusammenhang. In meinem Arbeitsgebiet konnte ich für die Perioden von Pliozän und Diluvium (Patersberger-Stufe bis Niederterrasse) das Größenverhältnis 3,2 : 1 aufstellen. Dadurch habe ich gleichzeitig die Talbildungsphasen in ein zeitliches Verhältnis gesetzt. Diese Zahlen erhielt ich durch systematische Messungen in den Nebentälchen des Rheins zwischen Bingen und Koblenz (vgl. Karte der Profillage). Im Rheinkañon habe ich durch vereinzelte Messungen feststellen können, daß die Zahlen auch hier zutreffen und demnach auf das weitere Rheingebiet ausgedehnt werden können. Im Rheintal selbst habe ich den diluvialen Teil der Messung unterzogen und diesen in zwei Teilen betrachtet. Einerseits den Ausraum der Hauptterrasse (Patersberger- + Loreleystufe), andrerseits den Ausraum für Mittel- und Niederterrasse gemeinsam. Das Zahlenverhältnis ist hier (P + L) : (M + N) = 2,1 : 1. — Ich habe damit drei Talperioden in Beziehung gebracht und kann dadurch folgendes Verhältnis aufstellen:

$$Pl : (P + L) : (M + N) = 9{,}2 : 3{,}1 : 1.$$

Außerdem sind durch die Ausraummessungen noch andere Möglichkeiten der Auswertung gegeben. Wie oben schon angeführt, ist es bisher noch nicht geglückt, vollgültige Methoden zu finden, durch die man die Rheinterrassen mit der alpinen Eiszeit gleichsetzen könnte. Durch die Ausraummessungen ist vielleicht ein Weg gegeben, der zum Erfolge führen kann. Es wären dazu ebensolche Messungen im alpinen Gebiet notwendig, wie ich sie im Rheingebiet ausgeführt habe. —

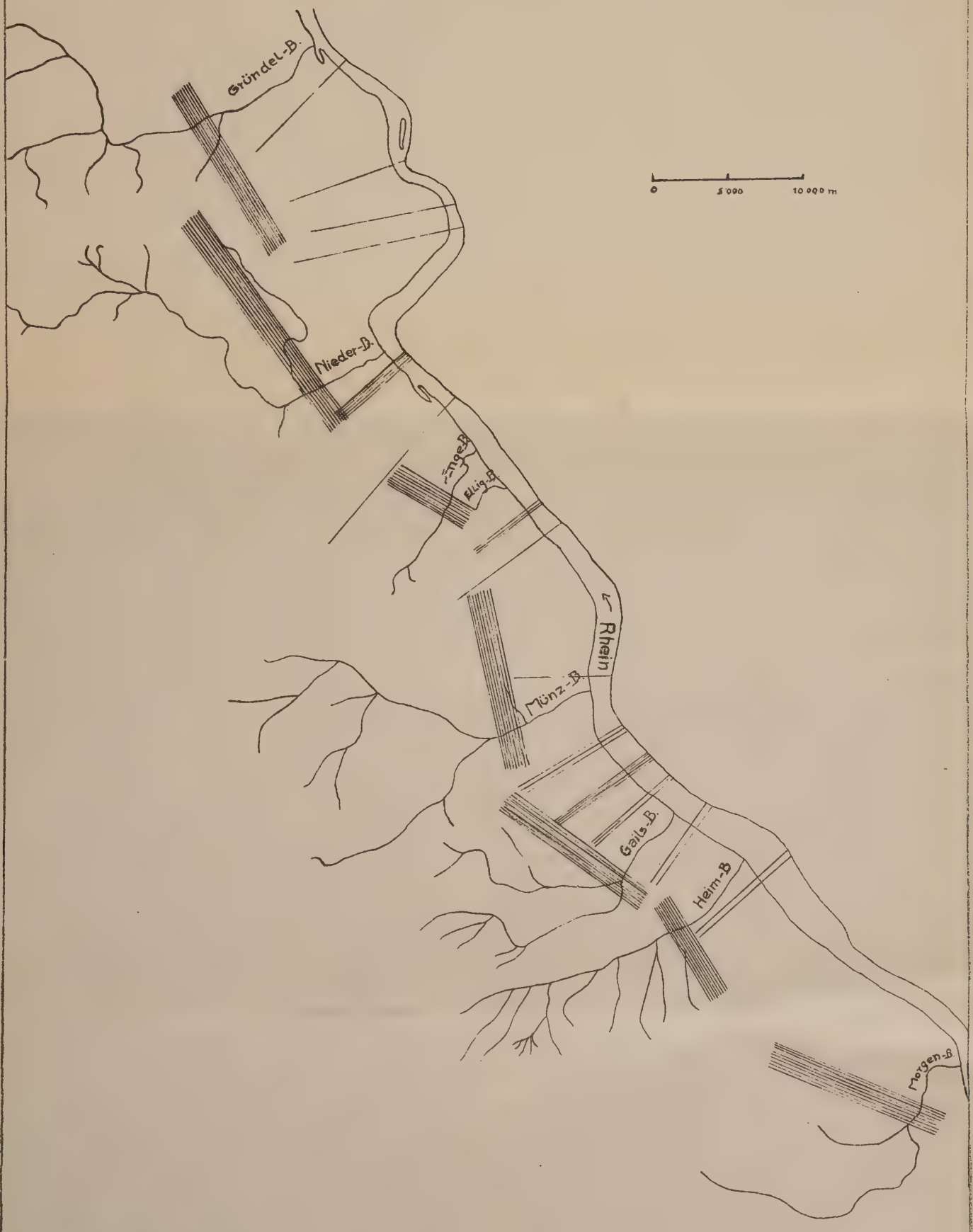
Anmerkung zu den Karten und Profilreihen.

Die näheren Erläuterungen befinden sich im Text. Hier sei noch bemerkt, daß die Kartierung des Enge-Tals (Meßtischblatt Caub) im Original den Maßstab 1:5000 besitzt. Sie wurde nur für den Druck entsprechend verkleinert. Die planimetrischen Messungen wurden im gleichen Maßstab auf Millimeterpapier ausgeführt. Die Profilzeichnung II, auf die im Text verwiesen worden ist, wurde der Arbeit nicht beigefügt.

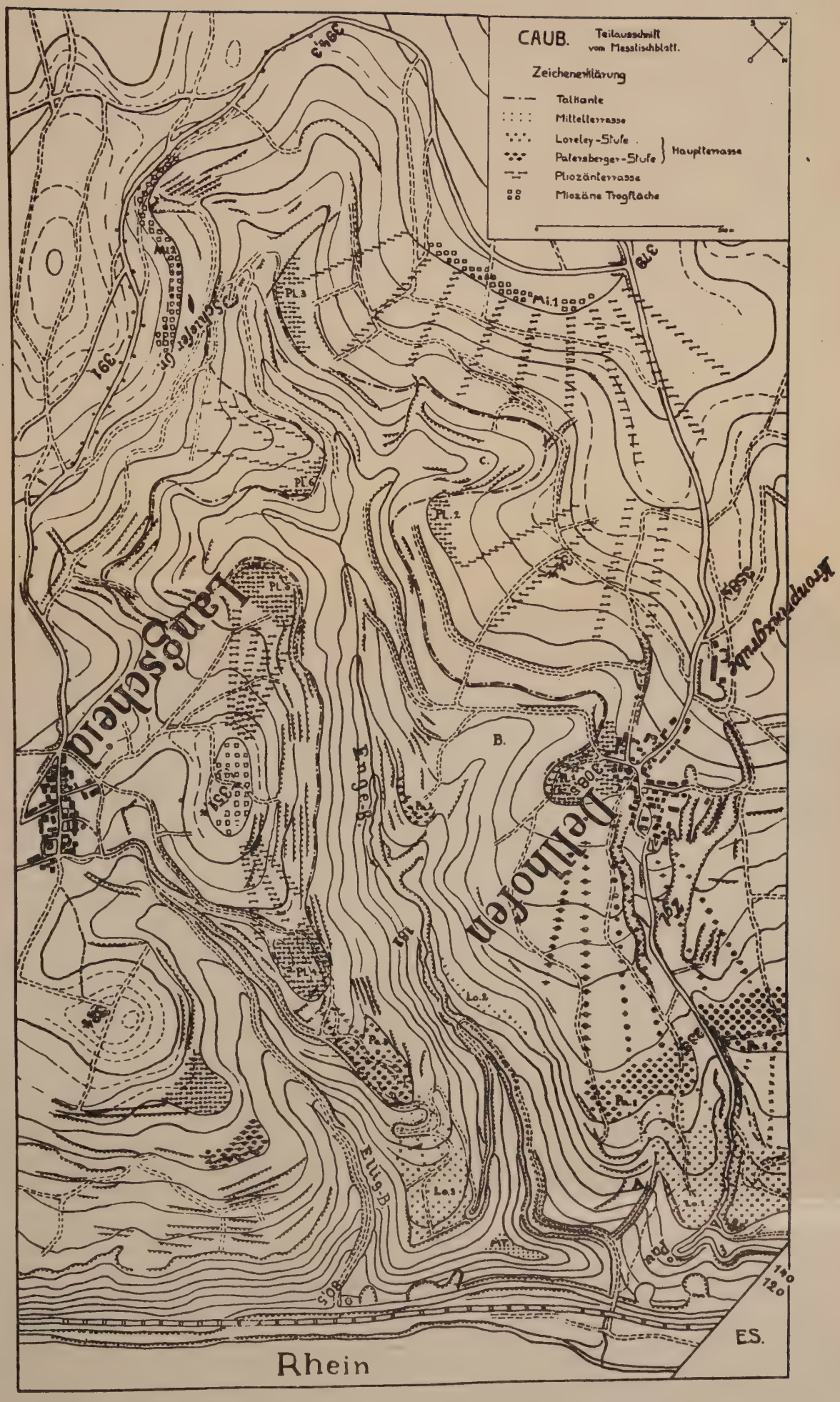
Lebenslauf.

Ich, Ellen Schnell, Tochter des Betriebs-Ingenieurs Friedrich Schnell und seiner Frau Luise geb. Reich, wurde am 8. Juni 1908 zu Duisburg geboren. Ich bin evangelischer Konfession und besitze deutsche Reichsangehörigkeit. Von Ostern 1915 bis Ostern 1928 besuchte ich die Städtische Studienanstalt zu Duisburg (einschließlich Vorschule und Lyzeum) und erhielt dort das Reifezeugnis. Anschließend studierte ich an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt a. M. Naturwissenschaften. Meine Lehrer der Geographie und Biologie waren die Herren Professoren und Privatdozenten Behrmann, Gley, Hannemann, Kuhl, Laibach, Leuchs, Maull, Overbeck, Schrepfer, Stark, zur Strassen, Wülker.

Lage der Profile.



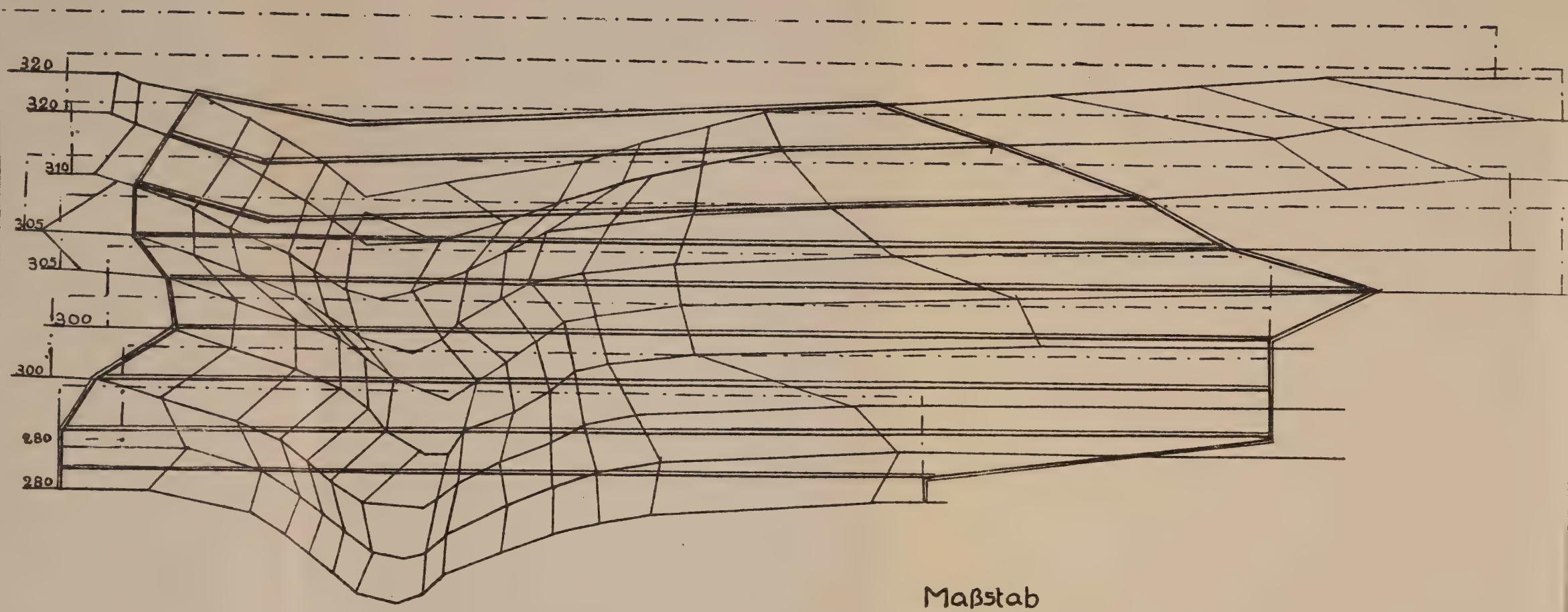
E.S.


CAUB.
Teilausschnitt vom Messtischblatt.
Zeichenerklärung
Talkante
Mittelterrasse
Loreley-Stufe
Patersberger-Stufe
Hauptterrasse
Pliozänterrasse
Miozäne Trogfläche
Langscheid
Dellhofen
Schiefer Gr.
Kronprinzgrube
Enge-B.
Ellig-B.
Rhein
ES.
Mi.1
Mi.2
Pl.2
Pl.3
Pl.4
Pl.5
Pl.6
Lo.1
Lo.2
Lo.3
Pa.1
Pa.3
B.
C.
391
379
140
120

I.

Obere Grenze des diluvialen Austraum

Obere Grenze des pliozänen Austraum



Maßstab

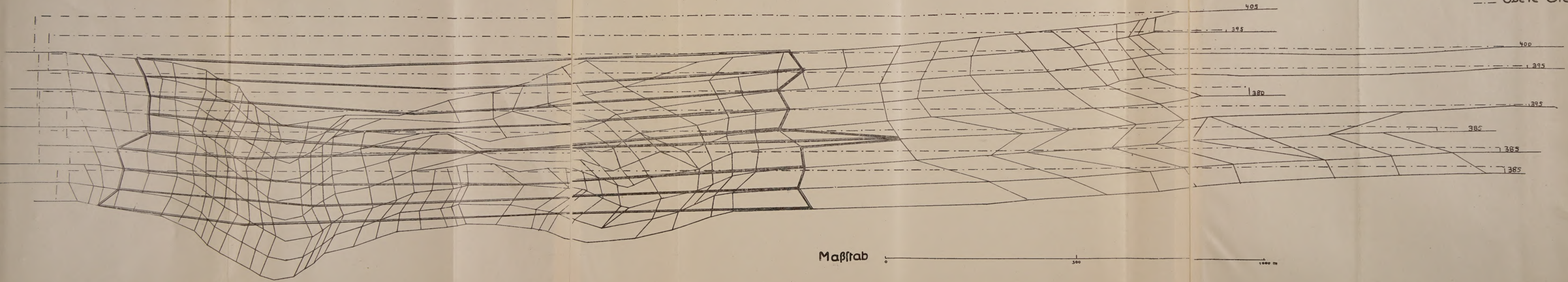
0 500 1000 m

Engebach

E.S.

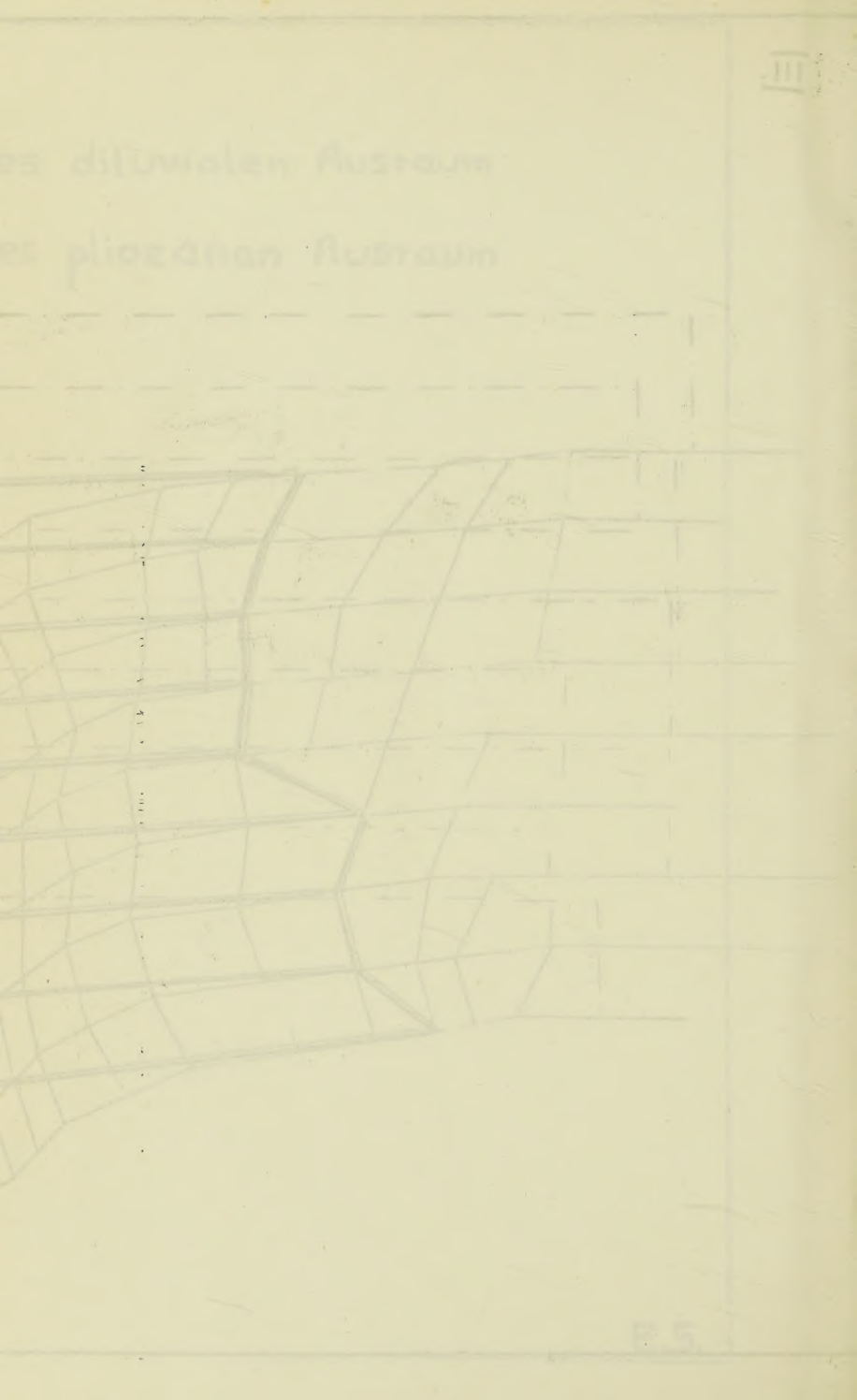
III.

Niederbach



— Obere Grenze des diluviale

-·- Obere Grenze des pliozäne

Maßstab

0 500 1000 m